Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Paper
Vol. 15, No.3, Fall 2023, p. 351-367

The Effect of Thyme (*Thymus vulgaris*) on Growth Performance, Blood Metabolites, and Meat Quality of Broilers at High Stocking Density

Mosayeb Karimi Bahrasman[1], Omidali Esmaeilipour[2*], Mozhgan Mazhari[2], Hossein Dumary[3]

Received: 24-08-2022 Revised: 22-10-2022 Accepted: 07-11-2022 Available Online: 08-10-2022	**How to cite this article:** Karimi Bahrasman, M., Esmaeilipour, O., Mazhari, M., & Dumary, H., (2023). The Effect of Thyme (*Thymus vulgaris*) on Growth Performance, Blood Metabolites, and Meat Quality of Broilers at High Stocking Density. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *15*(3), 351-367. DOI: 10.22067/ijasr.2022.78413.1097

Introduction: In the broiler breeding industry, chickens are often reared in confinement at high stocking densities, which can make them susceptible to infectious diseases. Antibiotics, growth promoters, and anti-coccidial drugs are frequently used as feed additives to elevate growth rates, combat diseases, and lower losses. However frequent use of antibiotics in broiler diets may result in a rise in the antimicrobial resistance of both human and animal bacteria. Alternatives to antibiotics as growth promoters for broilers could decrease bacterial resistance to antibiotics, while at the same time maintaining growth and improving carcass composition. In addition, the bioactive components of herbal plants have a high free radical inhibitory activity that may help the endogenous oxidative status of animals and thus may prevent oxidation in meat and lead to improved meat quality. The objective of this study was to investigate the effect of thyme (*Thymus vulgaris*) on growth performance, blood metabolites, and meat quality of broilers at high stocking density.

Materials and Methods: This experiment was conducted based on a completely randomized design with a 2×2 factorial arrangements. A total of 216 1-d-old male broilers (Ross 308) were allotted to one of four treatments with four replicates. Two different stocking densities (low stocking density (LSD): 9 birds/m^2 and high stocking density (HSD): 18 birds/m^2) were tested with two different thyme levels: zero and 0.1%. Chickens had given ad-libitum access to water drinking and diet. At the end of the experiment (42 days old), two birds with the closest weights to the mean weight of the pen were selected, and after blood sampling slaughtered for determining meat quality. Body weight gain (BWG) and feed intake (FI) of birds were measured per pen at the end of each period. Mortality and the weight of birds that died or were culled during the experiment were recorded. Corrected feed conversion ratio was calculated based on mortality for these periods. Blood biochemical indices (glucose, cholesterol and triglyceride) were determined using a clinical biochemistry autoanalyzer using a kit from Pars Azmoun, Tehran, Iran. To determine the Water-holding capacity, 5 gr of breast sample were placed in filter paper and centrifuged at 1500×g for 4 min. Then the samples were placed in an oven at 70 °C for 24 h. Finally, the Water-holding capacity was calculated from the difference in the weight after centrifugation and the weight after drying, divided by the initial weight multiplied by 100. Collected data were subjected to ANOVA using the GLM procedure of SAS (SAS, 2005). Analysis of variance was performed using a completely randomized design with a factorial arrangement of treatments. Tukey’s multiple range test

1- Graduated M.Sc. of Poultry Nutrition, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran.
2- Associate Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran.
*Corresponding Author's Email: omid.esmaeili1@ujiroft.ac.ir; omid.esmaeili1@gmail.com

was used to determine differences among the treatment means. Statistical significance was considered at $P<0.05$.

Results and Discussion: The results showed that in the starter period, birds in the HSD group had the highest feed intake and weight gain compared to the LSD group ($P<0.05$). HSD caused a significant decrease in feed intake and body weight and a significant increase in feed conversion ratio in grower, finisher, and the total periods compared to LSD ($P<0.05$). A significant increase in glucose, heterophil concentration, and heterophil to lymphocyte ratio and a significant decrease in glutathione peroxidase and lymphocyte concentrations were observed in birds raised in HSD than LSD ($P<0.05$). Also, HSD decreased water holding capacity and increased cooking loss and dripping loss of breast meat ($P<0.05$). The addition of thyme powder increased feed intake and body weight and decreased feed conversion ratio in grower, finisher, and the total periods ($P<0.05$). The treatment containing thyme decreased the concentration of glucose, heterophil, and heterophil to lymphocyte ratio and increased the concentration of glutathione peroxidase, white blood cells, and lymphocytes ($P<0.05$). A significant increase in water holding capacity and a significant decrease in cooking loss, dripping loss, and thiobarbituric acid of breast meat were observed in the treatment containing thyme ($P<0.05$). The positive effects of thyme on reducing the negative effects of high stocking density and improving growth performance, antioxidant status, blood immunity, and meat quality of broilers could be due to its antioxidant and antibacterial properties. The improvement in the growth performance of broiler chickens caused by thyme could be partly attributed to its positive effect on nutrient digestibility. Furthermore, this positive result could be, at least in part, due to the antioxidant and antibacterial effects of herbal products in the gut.

Conclusion: Therefore, adding 1% thyme powder can reduce the negative effects of high stocking density on growth performance, and blood metabolites, and improve the meat quality of broilers raised under high stocking density.

Keywords: Broiler, Glutathione peroxidase enzyme, Meat oxidative stability, Stocking density, Weight gain

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران

Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، ص. ۳۶۷-۳۵۱

تأثیر آویشن خشک شده بر عملکرد، متابولیت‌های خون و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در تراکم بالای پرورش

مصیب کریمی بحرآسمان[۱]، امیدعلی اسماعیلی‌پور[۲]*، مژگان مظهری[۲]، حسین دوماری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۶

چکیده

تأثیر آویشن خشک شده بر عملکرد، متابولیت‌های خون و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در تراکم بالای گله، با استفاده از ۲۱۶ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲ با چهار تیمار و چهار تکرار بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح آویشن (صفر و یک درصد) و دو سطح تراکم (تراکم پایین: نه قطعه پرنده به‌ازای هر مترمربع و تراکم بالا: ۱۸ قطعه پرنده به ازای هر مترمربع) بودند. نتایج نشان داد که در دوره آغازین، پرندگان پرورش یافته تحت تراکم بالا، مصرف خوراک و افزایش وزن بدن بیشتری نسبت به تراکم پایین پرورش داشتند (P<0/05). در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره، افزایش تراکم پرورش سبب کاهش مصرف خوراک و وزن بدن و افزایش ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با تراکم پایین شد (P<0/05). تراکم بالای پرورش سبب افزایش غلظت گلوکز، درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت، و کاهش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، درصد لنفوسیت و ظرفیت نگهداری آب گوشت در مقایسه با تراکم پایین شد. افزودن یک درصد آویشن سبب افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن و کاهش ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره شد (P<0/05). همچنین، مکمل آویشن سبب کاهش غلظت گلوکز، درصد هتروفیل، نسبت هتروفیل به لنفوسیت و تیوباربیتوریک اسید گوشت و افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، گلبول سفید، درصد لنفوسیت و ظرفیت نگهداری آب شد (P<0/05). بنابراین، افزودن یک درصد پودر آویشن می‌تواند اثرات منفی تراکم بالای گله بر عملکرد و متابولیت‌های خون را کاهش دهد و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی پرورش یافته تحت تراکم بالای گله را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: افزایش وزن، آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، پایداری اکسیداتیو گوشت، تراکم پرورش، جوجه گوشتی

مقدمه

هدف نهایی تولیدکنندگان طیور در سراسر جهان، به حداکثر رساندن کیلوگرم مرغ تولید شده در هر مترمربع فضا و جلوگیری از تلفات تولید به‌علت ازدحام زیاد برای دستیابی به بازده اقتصادی رضایت‌بخش است (Abudabos *et al*., 2013). در طول دهه‌های گذشته، تراکم گله در پرورش طیور به‌طور چشمگیری افزایش یافته است تا سودآوری را بهبود بخشد. افزایش تراکم گله، اثرات اقتصادی مفیدی حاصل می‌کند، مشروط به اینکه از محدوده بهینه kg/m^2 ۴۰-۳۴ با فرض میانگین وزن نهایی بدن ۲/۵ کیلوگرم، فراتر نرود (Estevez, 2007). فراتر از این دامنه، سلامتی و عملکرد جوجه‌های گوشتی را بدتر می‌کند. با این‌حال، تراکم بالای گله اثرات نامطلوبی بر عملکرد تولید و رفاه حیوانات در جوجه‌های گوشتی دارد (Kamel *et al*., 2021).

تراکم بالای گله سبب استرس اکسیداتیو در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Wu *et al*., 2020). همچنین افزایش تراکم گله به‌طور

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

۲- دانشیار تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

۳- استادیار بهداشت و کنترل کیفیت مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان، ایران.

(*- نویسنده مسئول: Email:omid.esmaeili1@ujirofr.ac.ir)

DOI: 10.22067/ijasr.2022.78413.1097

معمول سبب افزایش رطوبت بستر، افزایش دمای سالن و افزایش سطح آمونیاک می‌شود (Ritz *et al*., 2009). رطوبت بیش از حد بستر به‌دلیل زمان سپری شده در تماس مستقیم با زمین ممکن است باعث ایجاد مشکلاتی نظیر افزایش بار باکتری‌ها (Wilkinson *et al*., 2011) و تاول‌های سینه (Kaukonen *et al*., 2016) یا سوختگی مفصل خرگوشی شود. نتایج حاصل از مطالعات مختلف حاکی از آن است که تراکم بالای گله در مقایسه با تراکم پایین، اثرات منفی بر عملکرد رشد و کیفیت گوشت در جوجه‌های گوشتی داشت (Li *et al*., 2019; Nasr *et al*., 2021). در یک آزمایش با چهار تراکم مختلف (۱۰، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ قطعه پرنده در هر مترمربع) روی جوجه‌های گوشتی، نتایج نشان داد، افزایش تراکم سبب افزایش ضریب تبدیل خوراک و غلظت گلوکز خون، و کاهش وزن بدن شد (Gholami *et al*., 2020). همچنین در مطالعه‌ای اثرات مضر افزایش تراکم بر پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (Wu *et al*., 2020). بنابراین، پرندگانی که تحت تراکم‌های بالای گله پرورش می‌یابند، به‌دلیل تنش‌های فیزیولوژیکی و ایمنی، بیشتر مستعد ابتلا به بیماری‌های عفونی هستند. اصلاح جیره غذایی با افزودنی‌های آنتی‌اکسیدانی خاص یکی از ارجح‌ترین و کاربردی‌ترین راه‌ها جهت کاهش تنش در صنعت پرورش طیور است.

فایتوژنیک‌ها، افزودنی‌های خوراکی گیاهی هستند که در مواد طبیعی مورد استفاده در تغذیه طیور به‌کار می‌روند. این مواد از گیاهان، ادویه‌جات و عصاره‌های آن‌ها، مثل روغن‌های اسانسی، مشتق می‌شوند. آن‌ها طبیعی، با سمیت کمتر، بدون باقی‌مانده و افزودنی‌های خوراکی ایده‌آلی برای طیور در مقایسه با آنتی‌بیوتیک‌های سنتتیک هستند (Madhupriya *et al*., 2018). در بین گیاهان دارویی آویشن با نام علمی *تیموس ولگاریس* (*Thymus vulgaris*) یک گیاه علفی معطر دارویی متعلق به خانواده نعناعیان (*Lamiaceae sp.*) است که از درجه تأثیر و اهمیت زیادی برخوردار است (Toghyani *et al*., 2010). تیمول و کارواکرول به‌عنوان اسانس‌های طبیعی و ترکیبات فنلی، جزء مشتق شده از برخی گیاهان دارویی مانند گونه‌های آویشن و پونه کوهی هستند. این ترکیبات دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی، تعدیل‌کننده پاسخ ایمنی و خواص ضد سرطانی هستند (Gholami-Ahangaran *et al*., 2020). مکانیسم ضد میکروبی کارواکرول و تیمول بر اساس توانایی آن‌ها در تجزیه غشای خارجی باکتری‌ها است، که بر هموستاز pH و تعادل یون‌های معدنی تأثیر می‌گذارد و باعث انتشار لیپوپلی‌ساکاریدها و افزایش نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی به ATP12 می‌شود (Lambert *et al*., 2001). در مطالعه‌ای نشان داده شده است که اسانس آویشن (۰/۵ و یک گرم در کیلوگرم) سبب بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی شد (Pournazari *et al*., 2017). گزارش داده شده است که مکمل آویشن سبب تقویت سیستم ایمنی و کاهش پراکسیداسیون لیپید در جوجه‌های گوشتی شد (Pirmohamammadi *et al*., 2016; Hassan and Awad, 2017).

با توجه به اثرات مفید آنتی‌اکسیدان‌ها در محیط‌های پر تنش پرورشی و همچنین در راستای تغییر و استفاده از مواد طبیعی به‌جای مواد مصنوعی، هدف از انجام پژوهش حاضر تأثیر استفاده از آویشن بر عملکرد رشد، متابولیت‌های خون و کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در تراکم بالای پرورش بود.

مواد و روش‌ها

گیاه آویشن از مناطق کوهستانی بخش ساردوئیه واقع در شهرستان جیرفت در سال ۱۳۹۹ جمع‌آوری و در سایه خشک شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده تا زمان انجام آزمایش در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار در دمای پنج درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

جهت انجام این آزمایش از ۲۱۶ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۲ با چهار تیمار، چهار تکرار و ۱۰ قطعه پرنده به‌ازای هر تکرار در پن‌هایی با ابعاد ۱×۱/۵ متر استفاده شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح آویشن (صفر و یک درصد) و دو سطح تراکم (تراکم پایین: نه قطعه پرنده به‌ازای هر مترمربع و تراکم بالا: ۱۸ قطعه پرنده به‌ازای هر مترمربع) بودند. در طول دوره پرورش که تا ۴۲ روزگی به طول انجامید، دسترسی پرندگان به آب و خوراک آزاد بوده و مراقبت‌های لازم بر اساس روش‌های توصیه شده سویه راس ۳۰۸ انجام گرفت. جیره‌ها با نرم‌افزار UFFDA بر اساس احتیاجات پیشنهادی راس ۳۰۸، تنظیم شدند. جیره‌های آزمایش در جدول ۱، آورده شده است. پودر آویشن به‌صورت سرک به جیره آماده اضافه شد.

جوجه‌های هر پن به‌صورت گروهی در پایان هر دوره وزن‌کشی شدند و خوراک مصرفی آن‌ها در پایان هر دوره اندازه‌گیری شد. ضریب تبدیل خوراک از تقسیم مصرف خوراک جوجه‌های هر واحد آزمایشی در دوره به میانگین افزایش وزن دوره هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. تلفات به‌صورت روزانه وزن و ثبت شد. مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک برای تلفات تصحیح شدند.

در پایان آزمایش، دو قطعه جوجه از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب و خون‌گیری از سیاهرگ زیر بال انجام گرفت. از هر قطعه جوجه دو نمونه خون گرفته شد. یک نمونه خون برای تهیه سرم با استفاده از دستگاه سانتریفوژ با دور ۳۰۰۰ g در مدت زمان سه دقیقه و از نمونه دیگر خون برای تهیه پلاسما استفاده شد.

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف پرورش

Table 1- Feed ingredients and chemical composition of basal diet during different rearing periods

ترکیبات (درصد) Ingredient (%)	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۲۵ روزگی) Grower (11-25 days)	دوره پایانی (۲۶-۴۲ روزگی) Finisher (26-42 days)
ذرت Corn	50.92	54.26	58.87
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین) Soybean meal	41.71	37.84	33.44
روغن سویا Soybean oil	3.42	4.33	4.16
دی کلسیم‌فسفات DCP	1.45	1.25	1.23
کربنات کلسیم Limestone	1.30	1.22	1.18
کلرید سدیم Sodium chloride	0.30	0.30	0.29
دی ال-متیونین DL-methionine	0.16	0.13	0.12
ال-لیزین L-lysine	0.24	0.17	0.21
مکمل ویتامین و معدنی[۱] Vit-min premix[1]	0.50	0.50	0.50
آنالیز محاسبه شده Nutrients (calculated)			
انرژی قابل متابولیسم ظاهری (کیلوکالری بر کیلوگرم) ME(kcal/kg)	3000	3100	3200
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	23.00	21.50	20.00
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.96	0.87	0.81
فسفر قابل‌دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.48	0.43	0.41
سدیم (درصد) Sodium (%)	0.16	0.16	0.16
کلر (درصد) Chlorine (%)	0.23	0.22	0.22
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.44	1.29	1.19
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.56	0.51	0.48

[۱] مکمل معدنی در هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌کرد: ۸۰ میلی‌گرم منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم آهن، ۶۰ میلی‌گرم روی، ۱۰۰ میلی‌گرم مس ، ۰/۹۵ میلی‌گرم ید و ۰/۲۵ میلی‌گرم سلنیوم. مکمل ویتامینی در هر کیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌کرد: ۱۲۰۰۰واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۵۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۶۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، دو میلی‌گرم ویتامین K_3 ، ۲/۴ میلی‌گرم ویتامین B_1، ۴/۸ میلی‌گرم ویتامین B_2، ۳۰ میلی‌گرم B_3، ۱۶ میلی‌گرم B_5، سه میلی‌گرم B_6، یک میلی‌گرم فولیک اسید، ۰/۰۳ میلی‌گرم B_{12}، ۰/۱۵ میلی‌گرم بیوتین و ۵۰ میلی‌گرم کولین کلراید.

[1] Mineral premix supplied the following per kilogram of diet: Mn, 80 mg; Fe, 120 mg; Zn, 60 mg; Cu, 100 mg; I, 0.95 mg; and Se, 0.25 mg. Vitamin premix supplied the following per kilogram of diet: Retinol, 12,000 IU; Cholecalciferol, 1500 IU; Tocoferol, 60 IU; filokinon, 2 mg; thiamine, 2.4 mg; riboflavin, 4.8 mg; niacin, 30 mg; pantothenic acid, 16 mg; pyridoxine, 3 mg; folic acid, 1 mg; vitamin B12, 0.03 mg; biotin, 0.15 mg; and cholin chloride, 50 mg.

شاخص‌های بیوشیمیایی خون (گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید) با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمی بالینی (AUTOLAB, Ames, Rome, Italy) با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون تهران، ایران تعیین شد. نیمی دیگر از نمونه‌های خون جهت تعیین

تعداد سلول‌های خونی در لوله‌های حاوی EDTA جمع‌آوری شد و پس از همگن‌سازی نمونه خون گسترش آن تهیه شد. سلول‌های خونی روی گسترش توسط متانول ثابت شده و با محلول گیمسا رنگ آمیزی شدند. برای اندازه‌گیری تعداد لوکوسیت‌ها (هتروفیل و لنفوسیت)، تعداد ۱۰۰ لوکوسیت مورد شمارش قرار گرفتند. جهت تعیین مجموع گلبول‌های سفید شمارش چشمی با میکروسکوپ صورت گرفت.

به‌منظور تعیین خصوصیات لاشه، در پایان دوره آزمایش (۴۲ روزگی) دو قطعه پرنده از هر تکرار با وزن مشابه میانگین آن تکرار انتخاب و کشتار شد، سپس گوشت سینه از لاشه جدا و به دو نیمه تقسیم شد، سپس به‌مدت ۲۴ ساعت برای سردسازی به یخچال منتقل شد. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی در کیسه‌های تحت خلأ به فریزر (۲۰- درجه سانتی‌گراد) منتقل شدند. برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت گوشت، پس از یخ‌زدایی، جهت تعیین pH، پنج گرم از نمونه گوشت خام (نمونه سینه) چرخ شده را در ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر هم زده شد تا یکنواخت گردد. سپس با استفاده از گاز استریل صاف کرده و با pH متر (Sartorius Company، Professional Meter PP-50، آلمان) در دمای محیط نمونه‌ها قرائت شد. جهت اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب گوشت (نمونه سینه)، پنج گرم از نمونه داخل کاغذ صافی قرار گرفت و به‌مدت چهار دقیقه با دور ۱۵۰۰ g سانتریفیوژ (Hettich، EBA 200، آلمان) شد، پس از سانتریفیوژ به‌آرامی خشک و دوباره وزن شد، سپس نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس وزن گردید. در نهایت، ظرفیت نگهداری آب از تفاضل وزن پس از سانتریفیوژ و وزن پس از خشک‌کردن، تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Dai *et al*., 2012).جهت تعیین افت خونابه یک قطعه از گوشت سینه توزین و در پارچه کتان قرار داده شد. سپس نمونه مورد نظر در پاکت پلاستیکی گذاشته شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سلسیوس قرار گرفت، به‌طوری‌که گوشت با پلاستیک تماس نداشت. سپس گوشت به‌آرامی به پارچه مالش داده شد و دوباره توزین گردید. افت خونابه از تفاضل وزن اولیه و وزن نهایی تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Christensen, 2003). برای اندازه‌گیری افت در نتیجه پخت، یک قطعه از گوشت سینه با ضخامت یک سانتی‌متر مکعب توزین و به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شد، سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه در داخل حمام آب گرم) در دمای ۸۵ درجه سلسیوس قرار داده شد و در آخر با پارچه کتان پاک و دوباره توزین شد. افت پخت نیز از تفاضل وزن اولیه و وزن نهایی تقسیم بر وزن اولیه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Christensen, 2003).

جهت تعیین مالون‌دی‌آلدهید، پنج گرم گوشت چرخ شده (گوشت سینه) با ۴۵ میلی‌لیتر سالین ۰/۹ درصد مخلوط و سپس توسط ورتکس همگن شد، در ادامه به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور ۲۸۰۰ g در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ شده و سوپرناتانت برای تجزیه‌وتحلیل بیشتر جمع‌آوری شد. سپس دو میلی‌لیتر از سوپرناتانت را به چهار میلی‌لیتر محلول استوک تری‌کلرواستیک اسید/ تیوباربیتوریک اسید (۱۵ درصد) TCA جرمی/حجمی) و ۰/۳۷۵ درصد (TBA جرمی/حجمی) در ۰/۲۵ مولار هیدروکلریک اسید) و ۱۰۰ میکرولیتر هیدروکسی‌انیسول بوتیله‌شده (۷/۲ درصد جرمی/حجمی) افزوده شده و با ورتکس همگن شده و در حمام آب گرم (۹۵ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۳۰ دقیقه به‌منظور ایجاد واکنش رنگی انکوبه می‌گردد. نمونه‌ها در دمای اتاق خنک شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۲۸۰۰ g سانتریفیوژ گردید. میزان جذب محلول سوپرناتانت در طول موج ۵۳۲ نانومتر در مقابل یک بلانک حاوی دو میلی‌لیتر محلول سالین ۰/۹ درصد و چهار میلی‌لیتر محلول استوک تری‌کلرواستیک اسید/ تیوباربیتوریک اسید اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از نمونه‌ها در برابر یک منحنی استاندارد تهیه شده با غلظت‌های معرف ۳،۳،۱،۱ تترااتوکسی‌پروپان رسم شد. میزان مالون‌دی‌آلدهید به‌صورت نانومول در هر میلی‌گرم پروتئین بیان شد (Ahn *et al*., 1998).

هریک از دوره‌های آغازین (۱-۱۰ روزگی)، رشد (۱۱-۲۵ روزگی) و کل دوره (۲۶-۴۲ روزگی) با آرایش فاکتوریل ۲×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ (۲۰۱۳) و رویه خطی GLM مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح آماری پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر تراکم گله و افزودن آویشن بر مصرف خوراک دوره‌های مختلف پرورش و کل دوره در جدول ۲، نشان داده شده است. در دوره آغازین با افزایش تراکم گله، مصرف خوراک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، امّا در دوره رشد، پایانی و کل دوره، افزایش تراکم گله، منجر به کاهش مصرف خوراک شد ($P<0/05$). افزودن آویشن منجر به افزایش مصرف خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره شد ($P<0/05$). اثر متقابل تیمارها بر مصرف خوراک در دوره پایانی و کل دوره معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین مصرف خوراک در تیمار ۹ قطعه‌ای با آویشن و کمترین مصرف خوراک در تیمار ۱۸ قطعه‌ای بدون آویشن مشاهده شد ($P<0/05$).

اثر تیمارهای مختلف بر افزایش وزن در جدول ۳، نشان داده شده است. در دوره آغازین افزایش تراکم گله منجر به افزایش وزن شد، امّا در دوره رشد، پایانی و کل دوره با افزایش تعداد پرنده، افزایش وزن کاهش یافت ($P<0/05$). افزودن آویشن در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره منجر به افزایش وزن شد ($P<0/05$). اثر متقابل تیمارها بر

افـزایش وزن در دوره‌هـای رشـد، پایـانی و کـل دوره معنـی‌دار بـود، به‌طوری‌که بیشترین افزایش وزن در تیمـار ۹ قطعـه‌ای بـا آویشـن و کمترین افزایش وزن در تیمار ۱۸ قطعه‌ای بدون آویشن مشاهده شـد (P<۰/۰۵).

اثر تیمارهای مختلف بر ضریب تبدیل خوراک در جدول ۴، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم گله، ضریب تبدیل خوراک در دوره‌های رشد، پایانی و کل دوره افزایش یافت (P<۰/۰۵). امّا افزودن آویشن منجر به کـاهش ضـریب تبـدیل خـوراک در ایـن دوره‌ها شد (P<۰/۰۵). اثر متقابل تیمارها بر ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی و کل دوره معنی‌دار بود، بـه‌طـوری‌کـه کمتـرین ضـریب تبدیل خوراک متعلق به گـروه ۹ قطعـه‌ای تغذیـه شـده بـا آویشـن و بیشترین آن متعلق به تیمار ۱۸ قطعه‌ای با جیـره بـدون آویشـن بـود (P<۰/۰۵).

در صنعت طیور، جوجه‌هـای گوشـتی بـه‌طـور مـداوم در معـرض شرایط سخت و تنش‌زا در طول رشـد خـود قـرار دارنـد، بـه‌خصـوص هنگامی‌که آن‌ها تحت تـراکم بـالا پـرورش یابنـد (Cengiz *et al*., 2015). نتایج حاصل از یک مطالعه حاکی از آن است که تراکم بالای گله (۱۸ قطعه پرنده در هر مترمربع، ۴۵ کیلوگرم در مترمربـع) نسـبت به تراکم پایین (۱۵ قطعه پرنـده در هـر مترمربـع، ۳۷/۵ کیلـوگرم در مترمربع) سبب کاهش وزن بدن، کاهش میانگین افزایش وزن روزانه، کاهش میـانگین مصـرف خـوراک روزانـه و افـزایش ضـریب تبـدیل خوراک جوجه‌های گوشتی شـد (Li *et al*., 2019). نشـان داده شـده است که تراکم بالای پرورش (۲۰ قطعه پرنده در هر تکرار) نسبت بـه تراکم پایین (۱۵ قطعه پرنـده در هـر تکـرار) سـبب کـاهش مصـرف خوراک و وزن بـدن و افـزایش ضـریب تبـدیل خـوراک جوجـه‌هـای گوشتی شد (Kamel *et al*., 2021). کاهش مصـرف خـوراک و وزن بدن در جوجه‌های گوشتی پرورش یافته تحت تراکم بـالا (۱۲ قطعـه پرنده در هر قفس) در مقایسه با تراکم پایین (نه قطعـه پرنـده در هـر قفس) گـزارش شـده اسـت (Wu *et al*., 2019). محققـین گـزارش کردند که تراکم بالای پرورش (۲۰ قطعه پرنـده در هـر مترمربـع) در مقایسه با تراکم پایین (۱۰ قطعه پرنده در هر مترمربع) سـبب کـاهش مصـرف خـوراک و وزن بـدن و افـزایش ضـریب تبـدیل خـوراک جوجـه‌هـای گوشـتی شـد (Cengiz *et al*., 2015). ایـن محققـین دریافتند که دسترسی فیزیکی جوجه‌های گوشتی به دان‌خوری‌ها و آب خورهای نیپل با افزایش تراکم پرورش محدود شده و منجر به کاهش مصرف خوراک می‌شـود (Cengiz *et al*., 2015). کـاهش عملکـرد ناشی از تراکم بالای گله می‌تواند به عوامـل متعـددی مـرتبط باشـد. یکی از عوامل کلیدی دمای بالای محـیط در محـیط پـرورش پرنـده است. شرایط تراکم بالا پرورش جریان هوا را در سطح پرنـده کـاهش می‌دهد و در نتیجه، اتلاف حرارت بدن به هوا کاهش می‌یابد. عوامـل دیگری که ممکن است به کاهش عملکرد کمـک کننـد، عبارتنـد از: کیفیت پایین هوا بـه‌دلیـل تبـادل نامناسـب هـوا، افـزایش آمونیـاک و کاهش دسترسی به غذا و آب (Feddes *et al*., 2002). جوجـه‌هـای گوشتی که تحت دمای بالای محیط و کیفیت هـوای نامناسـب رشـد می‌کنند، ممکن است دچار تنش حرارتی شوند که این امر بر مصـرف خوراک، میزان رشد، قابلیت جوجه‌کشی، مرگ‌ومیر و سلامت پرندگان تأثیر منفی می‌گذارد (Sohail *et al*., 2010).

پژوهشگران دریافتنـد کـه اسـانس آویشـن (۰/۵ و یـک گـرم در کیلوگرم) سبب بهبود افزایش وزن بدن و مصـرف خـوراک و کـاهش ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در ۲۲ تا ۴۲ روزگـی و کـل دوره پرورش شد، امّا مصرف خوراک در سن یک تا ۲۱ روزگی نسبت به گروه شاهد کـاهش یافـت (Pournazari *et al*., 2017). گـزارش شده است مخلوط مکمل تیمول و کارواکرول (۲۵۰ گرم در کیلـوگرم) در جیره جوجه‌های گوشتی سبب افزایش مصرف خـوراک و افـزایش وزن بدن در مقایسه با شاهد شد، امّا تأثیری بر ضریب تبدیل خـوراک نداشـت (Akyurek and Yel, 2011). بهبـود عملکـرد در سـطوح بالای مصرف اسانس آویشن می‌تواند به‌دلیل خواص آنتی‌اکسـیدانی و اجزای فنولی اسانس باشـد کـه اثـرات عوامـل بیمـاری‌زا را بـر روی سیستم روده کاهش داده و به جذب اسیدهای آمینه کمک مـی‌کنـد. اسانس آویشن نه‌تنها به جذب اسیدهای آمینه کمک مـی‌کنـد، بلکـه باعث افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی می‌شود که رشد را بهبود مـی بخشد (Lee *et al*., 2003). محققـین اثـر سـطوح مختلـف اسـانس آویشن (صفر، ۰/۱۰، ۰/۱۵ و ۰/۲۰ میلی‌لیتـر در لیتـر) را بـر عملکـرد رشد جوجه‌های گوشتی بررسی کردند و دریافتند کـه اسـانس آویشـن سبب افزایش مصرف خوراک و افزایش وزن و کاهش ضریب تبـدیل خوراک در دوره‌های مختلف پرورش شد (Saki *et al*., 2014) و بیان کردند که اثر تحریکی محصولات گیاهی بر رشد و هضم دلیل اصـلی این نتایج است، بنابراین روغن‌های اسانسی و اجـزای مـرتبط مشـتق شده از آویشن به‌طور گسترده برای اثر اشتهاآور و تحریـک‌کننـده بـر هضم مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترکیبـات موجـود در گیـاه آویشـن سبب تحریک تولید ترشحات درون‌زا در مخاط روده کوچک، پانکراس و کبد می‌شوند و در نتیجه، به هضم غذا کمک مـی‌کنـد (Cross *et al*., 2007). در آزمایشی، سطوح مختلف اسانس آویشن (صـفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) سبب بهبود وزن زنده بـدن و افزایش وزن جوجه‌های گوشتی در هفته پنجم و ششم پـرورش شـد، این بهبود ممکن است به‌دلیل اجزای فعال تیمول و کارواکرول موجود در این گیاه باشد که علاوه‌بر فعالیـت ضـد میکروبـی آن‌هـا در برابـر باکتری‌های موجود در روده به‌عنوان عوامل تحریـک‌کننـده هضـم در نظر گرفته می‌شوند (Wade *et al*., 2018). همچنین، محققین دیگر بهبود ضریب تبدیل خوراک با مصرف یـک گـرم در کیلـوگرم روغـن آویشن توسط جوجه‌های گوشتی پرورش یافته تحـت هـوای گـرم را کاهش جمعیت میکروبی بیماری‌زا و در نتیجه، بهبود محیط روده و یا افزایش قابلیت هضم مواد مغذی بیان کردند (Attia *et al*., 2017).

جدول ۲- اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم‌کنش آن‌ها بر مصرف خوراک (گرم در دوره) جوجه‌های گوشتی

Table 2- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on feed intake (g/period) of broilers

تیمارها Treatments	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۲۵ روزگی) Grower (11-25 days)	دوره پایانی (۲۶-۴۰ روزگی) Finisher (26-40 days)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)
تراکم گله (پرنده در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m2)				
9	185.21[b]	1281.55[a]	2830.62[a]	4297.39[a]
18	201.11[a]	1211.97[b]	2642.77[b]	4055.86[b]
انحراف استاندارد میانگین SEM	3.65	4.96	25.74	29.27
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.009	0.0001	0.0002	0.0001
آویشن (درصد) Thyme (%)				
0	194.55	1232.85[b]	2677.08[b]	4104.47[b]
1	191.77	1260.69[a]	2796.32[a]	4248.77[a]
انحراف استاندارد میانگین SEM	3.65	4.96	25.74	29.27
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.60	0.002	0.007	0.004
تراکم × آویشن SD × Thyme				
9 × 0	183.75	1261.39	2825.69[a]	4270.83[ab]
9 × 1	186.66	1301.72	2835.55[a]	4323.93[a]
18 × 0	205.35	1204.30	2528.47[c]	3938.12[c]
18 × 1	196.87	1219.65	2757.08[b]	4173.61[b]
انحراف استاندارد میانگین SEM	5.16	7.03	36.40	41.39
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.29	0.10	0.01	0.04

[a-c] میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

[a-b] Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر متابولیت‌های خونی در جدول ۵، ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر تراکم گله بر گلوکز، غلظت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، درصد هتروفیل و لنفوسیت و نسبت هتروفیل به لنفوسیت خون معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)، امّا بر کلسترول، تری‌گلیسرید و گلبول سفید خون معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). گلوکز خون، درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت با افزایش تراکم گله افزایش یافت، امّا غلظت آنزیم و درصد لنفوسیت خون کاهش یافت (P<۰/۰۵). افزودن آویشن منجر به کاهش گلوکز و نسبت هتروفیل به لنفوسیت و افزایش گلوتاتیون پراکسیداز خون شد (P<۰/۰۵). همچنین افزودن آویشن میزان گلبول‌های سفید و درصد لنفوسیت خون را افزایش و درصد هتروفیل را کاهش داد (P<۰/۰۵). اثر متقابل تیمارها بر متابولیت‌های خونی معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵).

پارامترهای خون معیار خوبی برای قضاوت در مورد سلامت یک حیوان است و به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان شاخص‌های مهم وضعیت تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی پرندگان و حیوانات در نظر گرفته می‌شوند. محققین اثر تراکم‌های مختلف (پنج و هفت پرنده در هر قفس با ابعاد ۴۰×۴۵ سانتی‌متر) را بر متابولیت‌های خون مرغ‌های تخم‌گذار بررسی و دریافتند که تراکم هفت پرنده نسبت به تراکم پنج پرنده در قفس سبب افزایش گلوکز خون شد، امّا تأثیر معنی‌داری بر کلسترول و تری‌گلیسرید نداشت. از آنجا که گلوکز پلاسما یک شاخص اولیه شرایط تنش است، این سطوح بالای گلوکز نشان می‌دهد که تراکم بالا می‌تواند استرس مرغ را افزایش دهد (Mirfendereski and Jahanian, 2015). در آزمایشی، اثر تراکم‌های مختلف (۱۰، ۱۵، ۱۷ و ۲۰ قطعه پرنده در هر مترمربع) بر متابولیت‌های خون جوجه‌های گوشتی بررسی و گزارش شد که ۲۰ قطعه پرنده در هر مترمربع در مقایسه با سایر تراکم‌ها سبب افزایش گلوکز پلاسما شد، امّا تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسترول کل و تری‌گلیسرید پلاسما نداشت (Gholami *et al.*, 2020). افزایش نسبت هتروفیل به لنفوسیت در

تراکم بالا (۱۸/۶ قطعه پرنده در هر مترمربع) در مقایسه با تراکم پایین (۱۲/۹ قطعه پرنده در هر مترمربع) در جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (Wu *et al*., 2020). محققین تأثیر اسانس دو گونه آویشن (*Zataria Multiflora*, *Ziziphora clinopodioides* Lam) را در سطوح ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره جوجه‌های گوشتی بررسی کردند و گزارش کردند که سطح ۴۰۰ میلی‌گرم گونه *Ziziphora clinopodioides* سبب کاهش گلوکز خون شد (Talebi *et al*., 2021). برخی از گونه‌های گیاهی مانند آویشن، دارچین، گل میخک، برگ‌های معطر و زردچوبه می‌توانند گلوکز را به دلیل فاکتور شبه انسولینی متابولیزه کنند (Srinivasan, 2005). در مطالعه حاضر، کاهش سطح گلوکز خون منجر به افزایش مصرف خوراک شد و استفاده از پودر آویشن منجر به کاهش قند خون و افزایش مصرف خوراک و وزن بدن شد، که فرضیه ذکر شده را تأیید می‌کند. نشان داده شده است که ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس آویشن سبب کاهش غلظت گلوکز سرم مرغان تخم‌گذار تحت تنش گرمایی شد (Büyükkılıç Beyzi *et al*., 2020). محققین اثرات محافظتی رزماری و آویشن در برابر سمیت جنتامایسین در موش‌های صحرایی را بررسی کردند و دریافتند که این دو مکمل سبب کاهش گلوکز پلاسما شدند، کاهش سطح گلوکز توسط آویشن و رزماری در مقایسه با جنتامایسین ممکن است به‌دلیل محافظت از سلول‌های بتای پانکراس ناشی از خاصیت آنتی‌اکسیدانی این دو مکمل و در نتیجه افزایش ترشح انسولین باشد، همچنین مکمل رزماری ممکن است با مهار فعالیت‌های آمیلاز روده‌ای یا آلفا- گلوکوسیداز، جذب گلوکز روده‌ای را مهار کند (Abdel-Azeem *et al*., 2017).

جدول ۳- اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم‌کنش آن‌ها بر افزایش وزن (گرم در دوره) جوجه‌های گوشتی

Table 3- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on body weight gain (g/period) of broilers

تیمارها Treatments	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۲۵ روزگی) Grower (11-25 days)	دوره پایانی (۲۶-۴۰ روزگی) Finisher (26-40 days)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)
تراکم گله (پرنده در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m2)				
9	144.72^{b}	864.79^{a}	1520.14^{a}	2529.65^{a}
18	155.66^{a}	789.72^{b}	1372.57^{b}	2317.95^{b}
انحراف استاندارد میانگین SEM	2.13	5.37	16.55	18.77
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.003	0.0001	0.0001	0.0001
آویشن (درصد) Thyme (%)				
0	153.12	805.94^{b}	1363.89^{b}	2322.95^{b}
1	147.25	848.57^{a}	1528.82^{a}	2524.64^{a}
انحراف استاندارد میانگین SEM	2.13	5.37	16.55	18.77
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.07	0.0001	0.0001	0.0001
تراکم × آویشن SD × Thyme				
9 × 0	145.69	835.42^{b}	1480.56^{b}	2461.66^{b}
9 × 1	143.75	894.16^{a}	1559.72^{a}	2597.63^{a}
18 × 0	160.55	776.46^{c}	1247.22^{c}	2184.24^{c}
18 × 1	150.76	802.97^{b}	1497.91^{b}	2451.66^{b}
انحراف استاندارد میانگین SEM	3.02	7.59	23.41	26.55
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.22	0.05	0.003	0.03

$^{a-c}$ میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

$^{a-b}$ Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).

جدول ٤- اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم‌کنش آن‌ها بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی

Table 4- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on feed conversion ratio of broilers

تیمارها Treatments	دوره آغازین (۱-۱۰ روزگی) Starter (1-10 days)	دوره رشد (۱۱-۲۵ روزگی) Grower (11-25 days)	دوره پایانی (۲۶-۴۰ روزگی) Finisher (26-40 days)	کل دوره (۱-۴۲ روزگی) Whole period (1-42 days)
تراکم گله (پرنده در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m2)				
9	1.28	1.48[b]	1.86[b]	1.70[b]
18	1.29	1.54[a]	1.93[a]	1.75[a]
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.01	0.007	0.01	0.005
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.51	0.0005	0.0007	0.0001
آویشن (درصد) Thyme (%)				
0	1.27	1.53[a]	1.97[a]	1.76[a]
1	1.30	1.48[b]	1.83[b]	1.68[b]
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.01	0.007	0.01	0.005
سطح احتمال معنی‌داری P-value	011	0.002	0.0001	0.0001
تراکم × آویشن SD × Thyme				
9 × 0	1.26	1.51	191[b]	1.73[b]
9 × 1	1.30	1.46	1.81[c]	1.67[c]
18 × 0	1.28	1.55	2.02[a]	1.80[a]
18 × 1	1.30	1.52	1.84[b]	1.70[b]
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.02	0.01	0.02	0.007
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.69	0.38	0.01	0.02

[a-b] میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

[a-b] Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).

پژوهشگران دریافتند که استفاده از عصاره اتانولی آویشن (صفر و یک درصد) و مرزه خوزستانی (صفر، یک و دو درصد) در آب آشامیدنی جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی‌داری بر غلظت گلوکز، کلسترول کل و تری‌گلیسرید خون نداشت، امّا مخلوط آن‌ها سبب افزایش لنفوسیت و کاهش هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت شد (Souri *et al*., 2015). گزارش شده است که سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسانس آویشن سبب افزایش لنفوسیت و کاهش هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت سرم جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی شد، که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر همخوانی دارد (Rafat Khafar *et al*., 2019). کاهش نسبت هتروفیل نسبت به لنفوسیت خون جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی با تیمول (۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت تیمول در کاهش تنش در جوجه‌ها باشد که ممکن است از طریق اصلاح جمعیت میکروبی دستگاه گوارش و تقویت سیستم ایمنی بدن که پاسخ‌های ایمنی بهتر را توجیه می‌کند، باشد (Saadat Shad *et al*., 2016). گیاهان دارویی و ترکیب آن‌ها می‌توانند عملکردهای ایمنی مانند تکثیر لنفوسیت‌ها، فاگوسیتوز و افزایش تعداد گلبول‌های سفید را فعال کنند (Hashemipour *et al*., 2013).

محققین دریافتند که تراکم بالای گله (۱۸ قطعه پرنده در هر مترمربع، ۴۵ کیلوگرم در مترمربع) نسبت به تراکم پایین (۱۵ قطعه پرنده در هر مترمربع، ۳۷/۵ کیلوگرم در مترمربع) سبب کاهش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز سرم جوجه‌های گوشتی در سن ۳۵ و ۴۲ روزگی شد (Li *et al*., 2019). گزارش شده است که افزایش تراکم پرورش سبب کاهش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز سرم جوجه‌های گوشتی شد (Simsek *et al*., 2009). اکثر گیاهان دارویی غنی از پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدها هستند (Sharma *et al*., 2012). بنابراین، فعالیت عصاره آویشن را می‌توان به پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدهای خاص موجود در آن نسبت داد.

جدول ۵- اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم کنش آن‌ها بر متابولیت‌های خونی جوجه‌های گوشتی

Table 5- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on blood profile of broilers

تیمارها Treatments	گلوکز Glucose (mg/dL)	کلسترول Cholesterol (mg/dL)	تری‌گلیسرید Triglyceride (mg/dL)	گلوتاتیون پراکسیداز GSH-P$_X$ (U/L)	گلبول سفید WBC (10^3/μL)	لنفوسیت (درصد) Lymphocyte (%)	هتروفیل (درصد) Heterophil (%)	نسبت هتروفیل به لنفوسیت (heterophil to lymphocyte ratio)
تراکم گله (پرنده در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m2)								
9	220.83^b	104.33	58.83	156.00^a	4.42	69.66^a	30.33^b	0.44^b
18	236.33^a	119.17	59.67	136.67^b	4.10	66.00^b	34.00^a	0.52^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	4.52	5.46	1.98	3.07	0.19	0.78	0.78	0.01
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.04	0.09	0.77	0.002	0.28	0.01	0.01	0.01
آویشن (درصد) Thyme (%)								
0	237.33^a	116.00	60.33	135.17^b	3.85^b	65.33^b	34.67^a	0.53^a
1	219.83^b	107.50	58.16	157.50^a	4.67^a	70.33^a	29.67^b	0.42^b
انحراف استاندارد میانگین SEM	4.52	5.46	1.98	3.07	0.19	0.78	0.78	0.01
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.02	0.30	0.46	0.0009	0.02	0.002	0.002	0.002
تراکم × آویشن SD × Thyme								
9 × 0	227.67	111.33	59.00	143.33	4.03	66.67	33.33	0.50
9 × 1	214.00	97.33	58.66	168.67	4.80	72.67	27.33	0.38
18 × 0	247.00	120.66	61.66	127.00	3.66	64.00	36.00	0.56
18 × 1	225.67	117..66	57.66	146.33	4.53	68.00	32.00	0.47
انحراف استاندارد میانگین SEM	6.39	7.72	2.79	4.35	0.28	1.10	1.10	0.02
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.56	0.49	0.53	0.51	0.86	0.39	0.39	0.51

a-b میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

a-b Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).
GSH-P$_X$: glutathione peroxidase enzyme; WBC: white blood cells.

فلاونوئیدها بیان برخی از آنزیم‌های دخیل در بیوسنتز آنتی‌اکسیدان‌های شناخته شده را افزایش می‌دهند (Moskaug, 2005). بنابراین، نقصان و یا کاهش بیان یا ترشح آنتی‌اکسیدان‌ها ممکن است مکانیسم دفاعی آنتی‌اکسیدان را مختل کند (Khafaga and El-Sayed, 2018). همچنین نشان داده شده است که آویشن باعث دفاع آنتی‌اکسیدانی برای تبدیل گونه‌های فعال اکسیژن به ترکیبات ایمن برای محافظت از مواد بیولوژیکی در برابر اکسیداسیون می‌شود (Hoseini and Yousefi, 2019). گزارش شده است مصرف ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از اسانس دو گونه آویشن (*Zataria Multiflora, Ziziphora clinopodioides* Lam) سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز سرم جوجه‌های گوشتی در دوره رشد و پایانی شد (Talebi *et al*., 2021). محققین دریافتند که سطوح مختلف اسانس آویشن (۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) سبب افزایش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز سرم و کبد بلدرچین‌ها شد (Gumus *et al*., 2017).

اثر تیمارهای مختلف بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم گله، افت پخت و افت خونابه افزایش یافت و ظرفیت نگهداری آب گوشت کاهش یافت (P<۰/۰۵). اثر افزودن آویشن بر ظرفیت نگهداری آب، افت پخت و افت خونابه معنی‌دار بود و منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش افت خونابه و پخت گردید (P<۰/۰۵). همچنین افزودن آویشن میزان تیوباربیتوریک اسید در گوشت سینه را کاهش داد (P<۰/۰۵). اثر متقابل تیمارها بر اُفت پخت و افت خونابه معنی‌دار بود، به‌طوری‌که کمترین افت پخت و خونابه در تیمار ۹ قطعه‌ای با آویشن و بیشترین آن در تیمار ۱۸ قطعه‌ای بدون آویشن مشاهده شد (P<۰/۰۵).

جدول ٦– اثر تراکم گله، پودر آویشن و برهم‌کنش آن‌ها بر ویژگی‌های کیفی گوشت جوجه‌های گوشتی

Table 6- The effects of stocking density and Thyme powder and interaction on meat quality of broilers

تیمارها Treatments	پی اچ pH	ظرفیت نگهداری آب (درصد) Water holding capacity (%)	افت پخت (درصد) Cooking loss (%)	افت خونابه (درصد) Dripping loss (%)	تیوباربیتوریک اسید Thiobarbituric acid
تراکم گله (پرنده در هر مترمربع) Stocking density (SD) (birds/m2)					
9	6.88	60.00^{a}	28.32^{b}	10.66^{b}	9.13
18	6.70	58.25^{b}	30.25^{a}	12.02^{a}	9.72
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.18	0.58	0.39	0.28	0.25
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.48	0.05	0.005	0.005	0.12
آویشن (درصد) Thyme (%)					
0	6.82	57.50^{b}	30.95^{a}	12.66^{a}	10.02^{a}
1	6.76	60.75^{a}	27.62^{b}	10.02^{b}	8.84^{b}
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.18	0.58	0.39	0.28	0.25
سطح احتمال معنی‌داری P-Value	0.84	0.002	0.0001	0.0001	0.005
تراکم × آویشن SD × Thyme					
9 × 0	6.93	59.00	29.40^{b}	11.52^{b}	9.62
9 × 1	6.84	61.00	27.25^{c}	9.80^{d}	8.64
18 × 0	6.71	56.00	32.50^{a}	13.80^{a}	10.41
18 × 1	6.69	60.50	28.00^{bc}	10.25^{c}	9.03
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.25	0.83	0.53	0.40	0.35
سطح احتمال معنی‌داری P-value	0.90	0.15	0.05	0.04	0.57

[a-b] میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

[a-b] Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).

در طیور، عوامل تنش‌زا مانند تراکم، درجه حرارت بالا یا پایین، حمل و نقل و واکسیناسیون مستقیماً بر پارامترهای کیفیت گوشت تأثیر می‌گذارند. عوامل تنش‌زا باعث می‌شوند، گلیکوژن ذخیره شده به گلوکز تبدیل شود. قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض شرایط تنش‌زا، سبب تبدیل گلوکز به اسید لاکتیک می‌شود و در نتیجه، منجر به رنگ تیره، خشک، نامطلوب و نامناسب گوشت با pH بالا و ماندگاری کوتاه می‌شود (Berg, 2001). کیفیت نامطلوب گوشت پس از ذبح در درجه اول تحت تأثیر تبدیل گلیکوژن ذخیره شده در ماهیچه‌ها به اسید لاکتیک قرار می‌گیرد و ظرفیت و رنگ آب به‌طور مستقیم بسته به هیدرولیزاسیون پروتئین‌های گوشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Petracci *et al.*, 2001). در دوره پس از ذبح که دمای لاشه ۳۷ درجه سانتی‌گراد است، کاهش سریع pH باعث کوچک شدن پروتئین‌های میوفیبریل، تخریب پروتئین‌های سارکوپلاسمی و سخت شدن پردازش گوشت می‌شود (Berg, 2001). در مطالعه‌ای اثر سه تراکم (کم: پنج، متوسط: هشت و بالا: ۱۱ قطعه پرنده در هر مترمربع؛ یا ۱۳/۵، ۲۰/۶ و ۲۷/۹ کیلوگرم در هر مترمربع بر اساس وزن بدن) بررسی و گزارش شد که تراکم متوسط و بالا سبب افزایش افت خونابه و کاهش pH_{45min} گوشت اردک‌های پکن شد (Zhang *et al.*, 2018). محققین دریافتند که تراکم ۲۰ قطعه پرنده در هر مترمربع در مقایسه با تراکم ۱۴ و ۱۸ قطعه پرنده در هر مترمربع سبب افزایش افت پخت و افت خونابه گوشت سینه و ران دو سویه راس ۳۰۸ و آربور ایکرز شد (Nasr *et al.*, 2021). نشان داده شده است که سن و تراکم گله (۱۵/۲، ۲۰/۲، ۲۵/۳ و ۳۰/۴ قطعه پرنده در هر مترمربع) تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت نگهداری آب، اسید تیوباربیتوریک و pH ماهیچه سینه جوجه‌های گوشتی نداشت (Goo *et al.*, 2019).

گزارش شده است که مخلوط روغن‌های اسانسی (آویشن، پونه کوهی و رزماری) در سطوح ۰/۵ و یک درصد سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب گوشت سینه و کاهش افت پخت گوشت سینه و ران جوجه‌های گوشتی شد (Popović *et al.*, 2019). محققین دریافتند، استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آویشن سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب گوشت ران بلدرچین‌های ژاپنی شد، امّا تأثیر معنی‌داری بر افت پخت و افت خونابه نداشت (Mehdipour *et al.*, 2014). این افزایش در ظرفیت نگهداری آب احتمالاً با تأثیر مثبت آنتی‌اکسیدان‌های روغن آویشن بر یکپارچگی الیاف ماهیچه‌ای مرتبط بوده و در نتیجه، توانایی آن‌ها در حفظ آب را افزایش می‌دهد (Dal Bosco *et al.*, 2012). اثر مفید آنتی‌اکسیدان‌های جیره غذایی بر کاهش افت خونابه به‌دلیل توانایی آن‌ها در تثبیت غشا است، که احتمالاً با مهار فعالیت فسفولیپاز A2 و کاهش انتشار Ca^{2+} به‌دست می‌آید، که به نوبه خود میزان گلیکولیز پس از مرگ را کاهش می‌دهد (Cheah *et al.*, 1995).

در این مطالعه نشان داده شد که افزودن مکمل آویشن به جیره سبب کاهش معنی‌دار میزان تیوباربیتوریک اسید گوشت سینه شد. آویشن حاوی ترکیبات فنلی از قبیل کارواکرول (۳/۵ درصد)، تیمول (۶۸/۱ درصد)، مونوترپن هیدورکربنی سیمن (۱۱/۲ درصد) و گاما-ترپنین (۴/۸ درصد) است، که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی هستند (Rota *et al.*, 2008). پیشنهاد شده است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای تیمول به‌دلیل وجود گروه‌های فنلی OH است که به‌عنوان اهداکننده هیدروژن به رادیکال‌های پروکسی تولید شده در اولین مرحله در اکسیداسیون لیپید عمل می‌کنند، بنابراین تشکیل هیدروکسیل پراکسید را به تأخیر می‌اندازد (Yan-Ishlieva *et al.*, 1999). همچنین کارواکرول نقش مهمی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی در کاهش پراکسیداسیون چربی دارد که می‌تواند باعث تخریب اکسیداتیو غشای سلولی شود (Alagawany *et al.*, 2015). نتایج حاصل از یک آزمایش نشان می‌دهد که سطح دو درصد مکمل آویشن در مرغان تخم‌گذار سبب کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید زرده تخم‌مرغ شد (Yalcin *et al.*, 2020). گزارش شده است که استفاده از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم عصاره آویشن سبب کاهش اسید تیوباربیتوریک گوشت ران بلدرچین‌های ژاپنی شد (Mehdipour *et al.*, 2014). گزارش شده است، ۰/۵ درصد پودر پونه و آویشن به‌تنهایی و به‌صورت مخلوط سبب کاهش معنی‌دار میزان مالون‌دی‌آلدهید ران جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی شد (Pirmohamammadi *et al.*, 2016).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مشاهدات پژوهش حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که مکمل آویشن راه‌حل مثبتی برای پرورش طیور در تراکم بالا ارائه می دهد. افزودن یک درصد مکمل آویشن به جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش تأثیرات منفی تراکم بالای پرورش از طریق بهبود عملکرد رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی، ایمنی خون و کیفیت گوشت شد.

References

1. Abdel-Azeem, A. S., Hegazy, A. M., Zeidan, H. M., Ibrahim, K. S., & El-Sayed, E. M. (2017). Potential renoprotective effects of rosemary and thyme against gentamicin toxicity in rats. *Journal of Dietary Supplements,*

14(4), 380-394. https://doi.org/10.1080/19390211.2016.1253632

2. Abudabos, A. M., Samara, E. M., Hussein, E. O., Al-Ghadi, M. A. Q., & Al-Atiyat, R. M. (2013). Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science, 12*(1), e11. https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e11
3. Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Chen, X., Wu, C., & Lee, J. I. (1998). Effect of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile production, and color in raw pork patties. *Meat Science*, *49*, 27-39. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00101-0
4. Akyurek, H., & Yel, A. (2011). Influence of dietary thymol and carvacrol preparation and/or an organic acid blend on growth performance, digestive organs and intestinal microbiota of broiler chickens. *African Journal of Microbiology Research*, *5*(8), 979-984. DOI: 10.5897/AJMR10.203
5. Alagawany, M., El-Hack, M., Farag, M. R., Tiwari, R., & Dhama, K. (2015). Biological effects and modes of action of carvacrol in animal and poultry production and health-a review. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, *3*(2s), 73-84. http://dx.doi.org/10.14737/journal.aavs/2015/3.2s.73.84
6. Attia, Y. A., Bakhashwain, A. A., & Bertu, N. K. (2017). Thyme oil (*Thyme vulgaris* L.) as a natural growth promoter for broiler chickens reared under hot climate. *Italian Journal of Animal Science, 16*(2), 275-282. https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1245594
7. Berg, E. P. (2001). Influence of stress on composition and quality of meat, poultry and meat products. *Journal of Animal Science*, *79*(1), 204.
8. Büyükkılıç Beyzi, S. E. L. M. A., Konca, Y., Kaliber, M., Sarıözkan, S., Kocaoğlu Güçlü, B., Aktuğ, E., & Şentürk, M. (2020). Effects of thyme essential oil and A, C, and E vitamin combinations to diets on performance, egg quality, MDA, and 8-OHdG of laying hens under heat stress. *Journal of Applied Animal Research*, *48*(1), 126-132. https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1746662
9. Cengiz, Ö., Köksal, B. H., Tatlı, O., Sevim, Ö., Ahsan, U., Üner, A. G., Ulutaş, P. A., Beyaz, D., Büyükyörük, S., Yakan, A., & Önol, A. G. (2015). Effect of dietary probiotic and high stocking density on the performance, carcass yield, gut microflora, and stress indicators of broilers. *Poultry Science, 94*(10), 2395-2403. https://doi.org/10.3382/ps/pev194
10. Cheah, K. S., Cheah, A. M., & Krausgrill, D. I. (1995). Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. *Meat Science*, *39*(2), 255-264. https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)P1826-H
11. Christensen, L. B. (2003). Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Science*, *63*(4), 469-477. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00106-7
12. Cross, D. E., McDevitt, R. M., Hillman, K., & Acamovic, T. (2007). The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *British Poultry Science*, *48*(4), 496-506. https://doi.org/10.1080/00071660701463221
13. Dai, S. F., Gao, F., Xu, X. L., Zhang, W. H., Song, S. X., & Zhou, G. H. (2012). Effects of dietary glutamine and gamma-aminobutyric acid on meat colour, pH, composition, and water-holding characteristic in broilers under cyclic heat stress. *British Poultry Science, 53*(4), 471-481. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.005
14. Dal Bosco, A., Mourvaki, E., Cardinali, R., Servili, M., Sebastiani, B., Ruggeri, S., Mattioli, S., Taticchi, A., Esposto S., & Castellini, C. (2012). Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits. *Meat Science, 92*(4), 783-788. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.001
15. Estevez, I. (2007). Density allowances for broilers: where to set the limits?. *Poultry Science, 86*(6), 1265-1272. https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1265
16. Feddes, J. J., Emmanuel, E. J., & Zuidhoft, M. J. (2002). Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poultry Science*, *81*(6), 774-779. https://doi.org/10.1093/ps/81.6.774
17. Gholami, M., Chamani, M., Seidavi, A., Sadeghi, A. A., & Aminafschar, M. (2020). Effects of stocking density and environmental conditions on performance, immunity, carcase characteristics, blood constitutes, and economical parameters of cobb 500 strain broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science, 19*(1), 524-535. https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1757522
18. Gholami-Ahangaran, M., Ahmadi-Dastgerdi, A., & Karimi-Dehkordi, M. (2020). Thymol and carvacrol; as antibiotic alternative in green healthy poultry production. *Plant Biotechnology Persa, 2*(1), 22-25. DOI:10.29252/pbp.2.1.22
19. Goo, D., Kim, J. H., Choi, H. S., Park, G. H., Han, G. P., & Kil, D. Y. (2019). Effect of stocking density and sex on growth performance, meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. *Poultry Science*, *98*(3),

1153-1160. https://doi.org/10.3382/ps/pey491

20. Gumus, R., Ercan, N. A. Z. L. I., & Imik, H. I. I. I. (2017). The effect of thyme essential oil (*Thymus vulgaris*) added to quail diets on performance, some blood parameters, and the antioxidative metabolism of the serum and liver tissues. *Brazilian Journal of Poultry Science, 19*, 297-304. http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0403
21. Hashemipour, H., Kermanshahi, H., Golian, A., & Veldkamp, T. (2013). Effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens. *Poultry Science, 92*(8), 2059-2069. https://doi.org/10.3382/ps.2012-02685
22. Hassan, F. A., & Awad, A. (2017). Impact of thyme powder (*Thymus vulgaris* L.) supplementation on gene expression profiles of cytokines and economic efficiency of broiler diets. *Environmental Science and Pollution Research, 24*, 15816-15826. DOI 10.1007/s11356-017-9251-7
23. Hoseini, S. M., & Yousefi, M. (2019). Beneficial effects of thyme (*Thymus vulgaris*) extract on oxytetracycline‐ induced stress response, immunosuppression, oxidative stress and enzymatic changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition, 25*(2), 298-309. https://doi.org/10.1111/anu.12853
24. Kamel, N. F., Hady, M. M., Ragaa, N. M., & Mohamed, F. F. (2021). Effect of nucleotides on growth performance, gut health, and some immunological parameters of broiler chicken exposed to high stocking density. *Livestock Science, 253*, 104703. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104703
25. Kaukonen, E., Norring, M., & Valros, A. (2016). Effect of litter quality on foot pad dermatitis, hock burns and breast blisters in broiler breeders during the production period. *Avian Pathology, 45*(6), 667-673. DOI:10.1080/03079457.2016.1197377
26. Khafaga, A. F., & El-Sayed, Y. S. (2018). Spirulina ameliorates methotrexate hepatotoxicity via antioxidant, immune stimulation, and proinflammatory cytokines and apoptotic proteins modulation. *Life Sciences, 196*, 9-17. DOI:10.1016/j.lfs.2018.01.010
27. Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J., & Nychas, G. J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology, 91*(3), 453-462. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2001.01428.x
28. Lee, K. W., Everts, H., Kappert, H. J., Frehner, M., Losa, R., & Beynen, A. C. (2003). Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *British Poultry Science, 44*(3), 450-457. DOI: 10.1080/0007166031000085508
29. Li, W., Wei, F., Xu, B., Sun, Q., Deng, W., Ma, H., Bai, J., & Li, S. (2019). Effect of stocking density and alpha-lipoic acid on the growth performance, physiological and oxidative stress and immune response of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 32*(12), 1914. DOI: 10.5713/ajas.18.0939
30. Madhupriya, V., Shamsudeen, P., Raj Manohar, G., Senthilkumar, S., Soundarapandiyan, V., & Moorthy, M. (2018). Phyto Feed Additives in Poultry Nutrition: A Review. *International Journal of Science, Environment and Technology, 7*(3), 815-22.
31. Mehdipour, Z., Afsharmanesh, M., & Sami, M. (2014). Effects of supplemental thyme extract (*Thymus vulgaris* L.) on growth performance, intestinal microbial populations, and meat quality in Japanese quails. *Comparative Clinical Pathology, 23*, 1503-1508. DOI 10.1007/s00580-013-1813-6
32. Mirfendereski, E., & Jahanian, R. (2015). Effects of dietary organic chromium and vitamin C supplementation on performance, immune responses, blood metabolites, and stress status of laying hens subjected to high stocking density. *Poultry Science, 94*(2), 281-288. https://doi.org/10.3382/ps/peu074
33. Moskaug, J. Ø., Carlsen, H., Myhrstad, M. C., & Blomhoff, R. (2005). Polyphenols and glutathione synthesis regulation. *The American Journal of Clinical Nutrition, 81*(1), 277S-283S. DOI: 10.1093/ajcn/81.1.277S
34. Nasr, M. A., Alkhedaide, A. Q., Ramadan, A. A., Abd-El Salam, E. H., & Hussein, M. A. (2021). Potential impact of stocking density on growth, carcass traits, indicators of biochemical and oxidative stress and meat quality of different broiler breeds. *Poultry Science, 100*(11), 101442. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101442
35. Petracci, M., Fletcher, D. L., & Northcutt, J. K. (2001). The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. *Poultry Science, 80*(5), 670-675. https://doi.org/10.1093/ps/80.5.670
36. Pirmohamammadi, A., Daneshyar, M., Farhoomand, P., Aliakbarlu, J., & Hamian, F. (2016). Effects of *Thymus vulgaris* and *Mentha pulegium* on colour, nutrients and peroxidation of meat in heat-stressed broilers. *South*

African Journal of Animal Science, 46(3), 278-284. DOI: 10.4314/sajas.v46i3.7

37. Popović, S., Puvača, N., Peulić, T., Ikonić, P., Spasevski, N., Kostadinović, L., & Đuragić, O. (2019). The usefulness of dietary essential oils mixture supplementation on quality aspect of poultry meat. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, 2(6), 335-343.
38. Pournazari, M., AA-Qotbi, A., Seidavi, A., & Corazzin, M. (2017). Prebiotics, probiotics and thyme (*Thymus vulgaris*) for broilers: performance, carcass traits and blood variables. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 30*(1), 3-10. https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n1a01
39. Rafat Khafar, K., Mojtahedin, A., Rastegar, N., Kalvani Neytali, M., & Olfati, A. (2019). Dietary inclusion of thyme essential oil alleviative effects of heat stress on growth performance and immune system of broiler chicks. *Iranian Journal of Applied Animal Science, 9*(3), 509-517. (In Persian).
40. Ritz, C. W., Fairchild, B. D., & Michael, P. L. (2009). Litter quality and broiler performance Bulletin 1267. University of Georgia and Ft. Valley State University University of Georgia, Athens, GA.
41. Rota, M. C., Herrera, A., Martínez, R. M., Sotomayor, J. A., & Jordán, M. J. (2008). Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food Control, 19*(7), 681-687. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.07.007
42. Saadat Shad, H., Mazhari, M., Esmaeilipour, O., & Khosravinia, H. (2016). Effects of thymol and carvacrol on productive performance, antioxidant enzyme activity and certain blood metabolites in heat stressed broilers. *Iranian Journal of Applied Animal Science, 6*(1), 195-202. (In Persian).
43. Saki, A. A., Kalantar, M., & Khoramabadi, V. (2014). Effects of drinking thyme essence (*Thymus vulgaris* L.) on growth performance, immune response and intestinal selected bacterial population in broiler chickens. *Poultry Science Journal, 2*(2), 113-123. DOI: 10.22069/PSJ.2014.1960
44. Sharma, A., Sangameswaran, B., Jain, V., & Saluja, M. S. (2012). Hepatoprotective activity of Adina cordifolia against ethanol induce hepatotoxicity in rats. *International Current Pharmaceutical Journal, 1*(9), 279-284.
45. Simsek, U. G., Dalkilic, B., Ciftci, M., & Yuce, A. (2009). The influences of different stocking densities on some welfare indicators, lipid peroxidation (MDA) and antioxidant enzyme activities (GSH, GSH-Px, CAT) in broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances, 8*(8), 1568-1572.
46. Sohail, M. U., Ijaz, A., Yousaf, M. S., Ashraf, K., Zaneb, H., Aleem, M., & Rehman, H. (2010). Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and Lactobacillus-based probiotic: Dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity. *Poultry Science*, *89*(9), 1934-1938. https://doi.org/10.3382/ps.2010-00751
47. Souri, H., Khatibjoo, A., Taherpoor, K., Hassan Abadi, A., Fattahnia, F., & Askari, M. (2015). Effect of *Thymus vulgaris* and Satureja khuzestanica ethanolic extracts on broiler chickens' performance and immune response. *Iranian Journal of Applied Animal Science, 5*(2), 437-446.
48. Srinivasan, K. (2005). Plant foods in the management of diabetes mellitus: spices as beneficial antidiabetic food adjuncts. *International Journal of Food Sciences and Nutrition, 56*(6), 399-414.
49. Talebi, E., Rowghani Haghighi Fard, E., Navabi, M., & Eatemadi, M. (2021). Evaluating the effect of two types of thyme essential oils (*Zataria multiflora* & *Ziziphora clinopodioides* Lam) on some productive traits and blood parameters in broilers. *Poultry Science Journal, 9*(1), 107-119. DOI: 10.22069/PSJ.2021.18831.1668
50. Toghyani, M., Tohidi, M., Gheisari, A. B., & Tabeidian, S. A. (2010). Performance, immunity, serum biochemical and hematological parameters in broiler chicks fed dietary thyme as alternative for an antibiotic growth promoter. *African Journal of Biotechnology, 9*, 6819-6825. DOI: 10.5897/AJB09.1998
51. Wade, M. R., Manwar, S. J., Kuralkar, S. V., Waghmare, S. P., Ingle, V. C., & Hajare, S. W. (2018). Effect of thyme essential oil on performance of broiler chicken. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *6*(3), 25-28.
52. Wilkinson, K. G., Tee, E., Tomkins, R. B., Hepworth, G., & Premier, R. (2011). Effect of heating and aging of poultry litter on the persistence of enteric bacteria. *Poultry Science, 90*(1), 10-18. https://doi.org/10.3382/ps.2010-01023
53. Wu, Y., Wang, Y., Yin, D., Wu, W., Sun, X., Zhang, Y., Guo, X., Chen, J., & Yuan, J. (2019). Effect of supplementation of nicotinamide and sodium butyrate on the growth performance, liver mitochondrial function and gut microbiota of broilers at high stocking density. *Food & Function, 10*(11), 7081-7090. https://doi.org/10.1039/C9FO00904C
54. Wu, Y., Wang, Y., Wu, W., Yin, D., Sun, X., Guo, X., Chen, J., Mahmood, T., Yan, L., & Yuan, J. (2020). Effects of nicotinamide and sodium butyrate on meat quality and muscle ubiquitination degradation genes in broilers reared at a high stocking density. *Poultry Science, 99*(3), 1462-1470. https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.070

55. Yalcin, S., Handan, E. S. E. R., ONBAŞILAR, İ., & Yalcin, S. (2020). Effects of dried thyme (*Thymus vulgaris* L.) leaves on performance, some egg quality traits and immunity in laying hens. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *67*(3), 303-311. DOI: 10.33988/auvfd.677150
56. Yan-ishlieva, N. V., Marinova, E. M., Gordon, M. H., & Raneva, V. G. (1999). Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry*, *64*(1), 59-66. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00086-7
57. Zhang, Y. R., Zhang, L. S., Wang, Z., Liu, Y., Li, F. H., Yuan, J. M., & Xia, Z. F. (2018). Effects of stocking density on growth performance, meat quality and tibia development of Pekin ducks. *Animal Science Journal*, *89*(6), 925-930. https://doi.org/10.1111/asj.12997